

PENGARUH PEMBAKARAN SAMPAI DENGAN TEMPERATUR 400°C TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH *FLY ASH* DAN SERBUK BATU GAMPING

Abraham Adi Narwastu
Sudomo
Wahjo Hendarto Yoh

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* dan serbuk batu gamping terhadap perubahan temperatur. Penelitian dilakukan dengan uji kuat tekan pada 40 silinder beton ukuran 15 cm x 30 cm. Kelompok kontrol adalah 20 beton normal, kelompok eksperimen adalah 20 benda uji yang diberi 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dari berat total semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam keadaan tidak dibakar terdapat perbedaan kuat tekan beton antara beton normal sebesar 256,65 kg/cm² dan beton dengan penambahan *fly ash* dan serbuk batu gamping sebesar 325,85 kg/cm². Tidak terdapat perbedaan perubahan nilai kuat tekan beton akibat pembakaran antara beton normal dan beton dengan tambahan *fly ash* dan serbuk batu gamping. Akibat pembakaran pada suhu 400°C selama satu jam, beton normal dan beton dengan tambahan *fly ash* dan serbuk batu gamping mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 5,17% dan 5,16%.

Kata-kata Kunci: pembakaran, temperatur 400°C, kuat tekan beton, *fly ash*, serbuk batu gamping

Abstract: *Effect of a Firing Temperature of 400°C on the Compressive Strength of Concrete Materials Added with Fly Ash and Limestone Powder.* The purpose of this study was to determine the effect of adding fly ash and limestone powder on temperature changes. The experiment was conducted with a compressive strength test on 40 cylindrical concretes, 15 cm x 30 cm in size. The control group consisted of 20 normal concretes, while the experimental group consisted of 20 specimens added with 25.00% fly ash and 15.00% limestone powder from the total weight of the cement. The results showed that, in the unburned state, there was a difference in compressive strength between the normal concrete (256,65 kg/cm²) and the concrete with the addition of fly ash and limestone powder (325,85 kg/cm²). There was no difference in the value of compressive strength due to the combustion between the normal concrete and the concrete with the addition of fly ash and limestone powder. As a result of combustion at 400°C for one hour, the compressive strength of the normal concrete and concrete with the addition of fly ash and limestone powder decreased by 5.17% and 5.16% respectively.

Keywords: combustion, the temperature of 400 ° C, the strength of concrete, fly ash, limestone powder

Beton adalah suatu campuran yang terdiri atas pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang ter-

Abraham Adi Narwastu adalah alumni mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Malang. Email: narwastu8@gmail.com. Sudomo dan Wahjo Hendarto Yoh adalah Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang. Alamat Kampus: Jl. Semarang No. 5 Malang 65145.

buat dari semen dan air yang membentuk suatu massa mirip-batuan. Mulyono (2006) mengungkapkan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri atas bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah. Sagel (1994) menguraikan bahwa beton adalah suatu komposit dari bahan batuan yang direkatkan oleh bahan ikat.

Bahan penyusun beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, air, bahan pengikat, dan bahan tambah bila diperlukan. Agregat yang digunakan sebagai bahan pengisi beton terdiri dari batu pecah, kerikil, dan pasir. Mengingat bahwa agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton.

Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, sedang gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan (Murdock & Brook, 2003:42).

Kerusakan konstruksi beton sering disebabkan oleh kebakaran. Menurut data statistik 1978 – 1992 peristiwa kebakaran semakin tahun menunjukkan intensitas yang meningkat dimana terjadi 2050 peristiwa kebakaran tiap tahun di lima kota besar di Indonesia (Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerja Umum Bandung, 2000). Ditinjau dari jenis bangunan yang terbakar, bangunan tempat tinggal menempati urutan pertama dengan jumlah kejadian 62,00%, bangunan Industri 15,00%, pertokoan 11,00%, Perkantoran 7,00%, dan lainnya 5,00%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Effendi (2001:51-58) bahwa beton mempunyai sifat tidak dapat dibakar (*non combustible*), akan tetapi

kekuatan tekan dan modulus elastisitasnya akan sangat terpengaruh oleh panas. Tjokrodinuljo (2000) mengatakan bahwa beton pada dasarnya tidak diharapkan mampu menahan panas sampai di atas 250°C. Akibat panas, beton akan mengalami retak, terkelupas (*spalling*), dan kehilangan kekuatan. Kehilangan kekuatan terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semen-nya.

Menurut Tjokrodinuljo (2000), bila pasta semen dipanasi, dari suhu kamar sampai sekitar 200°C, kekuatannya tampak sedikit meningkat, karena ketika sedikit di atas 100°C air bebas serta air yang terserap dalam pasta menguap, selanjutnya ketika jauh di atas 100°C air yang secara kimiawi terikat erat dalam pasta juga menguap. Selanjutnya panas dinaikkan lagi kekuatan beton menurun.

Guna meminimalisir kehilangan kuat tekan beton, maka penggunaan bahan-bahan alternatif perlu dicoba. Salah satu solusi pemecahan masalah di atas adalah dengan penggunaan limbah abu terbang (*fly ash*) dan serbuk batu gamping sebagai bahan tambahan yang dapat meningkatkan kuat tekan beton. Pemikiran tentang penggunaan abu terbang dan juga serbuk batu gamping cukup beralasan karena bahan penyusun semen portland adalah 60,00% sampai 65,00% terdiri atas kapur atau CaO (Samekto, 2001:1), ini berarti ada kemungkinan untuk mencoba penggunaan abu terbang dan serbuk batu gamping sebagai bahan pengikat. *Fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan karbon. Sedangkan batu gamping terdiri atas kalsium oksida (CaO), alkalin (Na_2O dan K_2O), fero oksida (Fe_2O_3), magnesium oksida (MgO),

alumina (Al_2O_3), dan silika (SiO_2) (Sihotang et al, 2002).

Pemakaian abu terbang dan serbuk batu gamping sebagai bahan substitusi semen didasarkan atas beberapa alasan. Abu terbang merupakan limbah industri dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan limbah bahan bakar mesin-mesin pabrik. Indonesia memiliki dua PLTU dengan bahan bakar batubara yang setiap tahunnya menghasilkan banyak sekali limbah abu terbang. PLTU di Surabaya menghasilkan limbah abu terbang sebanyak 700.000 ton/tahun dan PLTU di Paiton, Jawa Timur menghasilkan limbah abu terbang sebanyak 1.000.000 ton/tahun. Selain dua PLTU di atas, masih ada beberapa industri yang menggunakan bahan bakar batubara yang menghasilkan limbah abu terbang, contohnya PT. Tjiwi Kimia Putra (Nugraha, 2007). Limbah abu terbang tersebut dapat dimanfaatkan menjadi sesuatu yang lebih berguna, yaitu sebagai bahan substitusi semen. Begitu pula dengan serbuk batu gamping. Pada dasarnya serbuk batu gamping merupakan limbah pabrik batu alam yang jumlah produksinya cukup banyak dan belum dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar.

Suarnita (2011: 10) pada penelitiannya mengemukakan bahwa dengan penambahan fly ash sebanyak 5,00, 10,00, 15,00, 20,00, dan 25,00 dari berat semen diperoleh kuat tekan beton sebesar 32,2718; 33,9137; 35,3291; 36,1783; 36,8011; dan 37,2541 atau mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5,088, 9,473, 12,103, 14,034 hingga 15,437 dari beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar abu terbang yang digunakan maka semakin tinggi nilai kuat tekan yang dihasilkan.

Putro (2011: 20) pada penelitiannya menunjukkan bahwa dengan penambahan serbuk batu gamping sebanyak 5,00, 10,00 dan 15,00 dari berat total semen, beton mengalami kenaikan nilai kuat tekan dibandingkan dengan nilai kuat tekan

beton normal. Kuat tekan beton maksimum terjadi pada penambahan serbuk batu gamping 15,00 % dari berat total semen, yaitu sebesar 30,180 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan beton normal tanpa penambahan serbuk batu gamping hanya sebesar 29,897 MPa.

Untuk melihat potensi *fly ash* dan serbuk batu gamping sebagai bahan tambah pada campuran beton dalam menghadapi perubahan temperatur, perlu dilakukan penelitian yg mendalam. Atas dasar pertimbangan tersebut, maka dilakukan penelitian terhadap kuat tekan beton yang diberi perlakuan terhadap temperatur dengan bahan tambah berupa abu terbang (*fly ash*) sebanyak 25,00% dari berat semen dan serbuk batu gamping sebanyak 15,00% dari berat semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penurunan kuat tekan beton akibat perubahan temperatur dengan *fly ash* dan serbuk batu gamping sebagai bahan tambah pada campuran beton.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (*experimental research*) yang dilakukan di laboratorium dengan pengendalian variabel. Data yang dihasilkan merupakan data kuantitatif dalam bentuk angka dan data interval hasil dari proses penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas kuat tekan dari beton normal maupun beton dengan *fly ash* dan serbuk batu gamping sebagai bahan tambah pada campuran beton terhadap temperatur, dengan dilakukan pembakaran dengan temperatur 400°C selama satu jam. Penelitian ini menggunakan sampel berupa silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 40 buah benda uji untuk uji kuat tekan. Kelompok kontrol adalah 20 benda uji yang tidak dibakar, sedangkan kelompok perlakuan adalah 20 benda uji yang dibakar.

Tabel 1. Variasi Benda Uji

Kode Sampel	Kadar <i>Fly Ash</i> (%)	Kadar Serbuk Batu Gamping (%)	Jumlah Sampel	Keterangan
A_0	0	0	10	Tidak dibakar
A_1	0	0	10	Dibakar
B_0	25	15	10	Tidak dibakar
B_1	25	15	10	Dibakar

Tabel 2. Komposisi Campuran untuk Masing-masing Sampel

No.	Kode Sampel	Komposisi Campuran					
		Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (liter)	<i>Fly Ash</i> (Kg)	Serbuk Batu Gamping (Kg)
1	A	2,49	3,21	6,81	1,20	0	0
2	B	2,49	3,21	6,81	1,20	0,62	0,37

Untuk pengujian kuat tekan benda uji silinder beton mengacu pada SNI 03-2834-1993 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal yaitu dengan ukuran sampel silinder diameter Ø 150 mm dan tinggi 300 mm. Variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Kode sampel A_0 adalah 10 silinder beton yang tidak dibakar dengan komposisi penambahan 0,00% *fly ash* dan 0,00% serbuk batu gamping dari berat total semen. Kode sampel A_1 merupakan 10 silinder beton yang dibakar dengan komposisi penambahan 0,00% *fly ash* dan 0,00% serbuk batu gamping dari berat total semen. Kode sampel B_0 adalah 10 silinder beton yang tidak dibakar dengan komposisi penambahan 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dari berat total semen. Kode sampel B_1 adalah 10 silinder beton yang dibakar dengan komposisi penambahan 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping

dari berat total semen.

Sedangkan untuk komposisi campurannya, mengacu penuh pada SNI DT-91-0008-2007 tentang Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton, dengan komposisi campuran yaitu 1 PC : 3 PS : 5 kerikil : 1,5 air, diharapkan menghasilkan beton dengan mutu $f'_c = 20,75$ MPa (K 250). Hasil analisis komposisi campuran beton sesuai dengan variasi sampel dicantumkan pada Tabel 2.

HASIL

Uji kuat tekan dilaksanakan pada beton usia 28 hari. Ringkasan hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3. Perangkat lunak (*software*) yang akan digunakan adalah Microsoft Excel dan SPSS untuk mengolah data. Statistik yang digunakan untuk menguji hipotesis adalah *independent sample t-test*.

Nilai kuat tekan antara beton normal dengan beton yang diberi bahan tambah

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kelompok	Tipe.	Kuat Tekan Rerata (kg/cm ²)	Std Deviasi	Koev Variasi (%)	Penurunan Kuat Tekan (%)
A	A_0	256,65	85,31	33,24	5,1737
	A_1	243,37	45,93	18,87	
B	B_0	325,85	58,79	18,04	5,1672
	B_1	309,01	76,33	24,70	

25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dari berat total semen berturut-turut sebesar 256,65 kg/cm² dan 325,85 kg/cm², atau mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 26,96 %. Berdasarkan analisis data menggunakan program SPSS, didapatkan nilai taraf signifikansi sebesar 0,049 yang mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan kuat tekan yang signifikan akibat penambahan 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dari berat total semen.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kuat tekan beton akibat pembakaran temperatur 400°C antara kelompok beton normal dengan kelompok beton yang diberi bahan tambah *fly ash* 25% dan serbuk batu gamping 15% dari berat total semen. Nilai penurunan kuat tekan beton antara kedua kelompok tersebut berturut-turut sebesar 5,1737 dan 5,1672%.

PEMBAHASAN

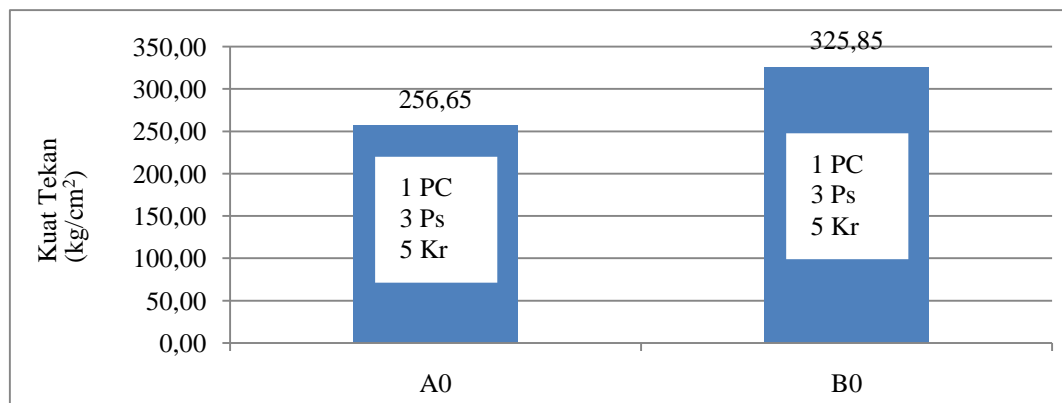
Hasil pengujian nilai kuat tekan menunjukkan bahwa beton dengan bahan tambah *fly ash* sebesar 25,00% dan serbuk batu gamping 15,00% dari berat total memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar daripada beton normal. Kondisi ini terjadi karena beton dengan bahan tambah berupa *fly ash* dan serbuk gamping memiliki kandungan CaO yang lebih banyak daripada beton normal. Perbedaan hasil kuat tekan beton akibat penambahan

25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dapat dilihat pada Gambar 1.

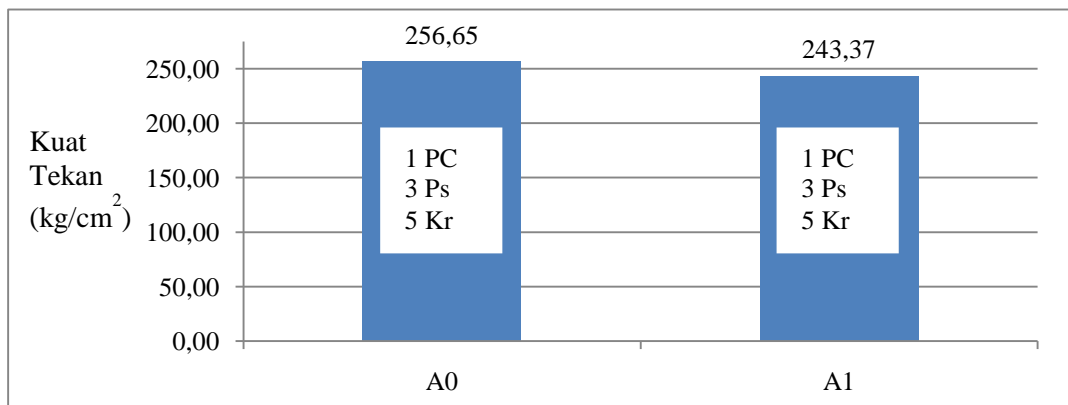
Menurut Lianasari (2013:188), kenaikan kuat tekan beton pada penambahan abu terbang terjadi karena secara kimiawi abu terbang bersifat reaktif yang bereaksi mengikat kapur bebas atau kalsium hidroksida Ca(OH)₂ yang dilepaskan semen saat proses hidrasi. Reaksi kimia yang terjadi tersebut membuat kapur bebas atau kalsium hidroksida menjadi senyawa keras kalsium silikat hidrat atau yang disebut *tobbermorite* yang akhirnya mempengaruhi kekuatan tekan beton.

Tjokrodimuljo (2000) mengatakan bahwa beton pada dasarnya tidak diharapkan mampu menahan panas sampai di atas 250°C. Akibat panas, beton akan mengalami retak, terkelupas (*spalling*), dan kehilangan kekuatan. Kehilangan kekuatan terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semennya. Pengaruh panas terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari hasil pengujian kuat tekan, diketahui bahwa pembakaran mengakibatkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan pada beton normal. Hal ini relevan dengan pernyataan Tjokrodimuljo (2000) yang menyatakan bahwa akibat panas, beton akan mengalami retak, terkelupas (*spalling*), dan kehilangan kekuatan. Beton normal yang tidak dibakar memiliki nilai kuat tekan sebesar 256,65 kg/cm², sedangkan beton normal yang dibakar memiliki nilai kuat tekan sebesar 243,37



Gambar 1. Pengaruh *Fly Ash* dan Serbuk Batu Gamping terhadap Kuat Tekan Beton



Gambar 2. Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton Normal

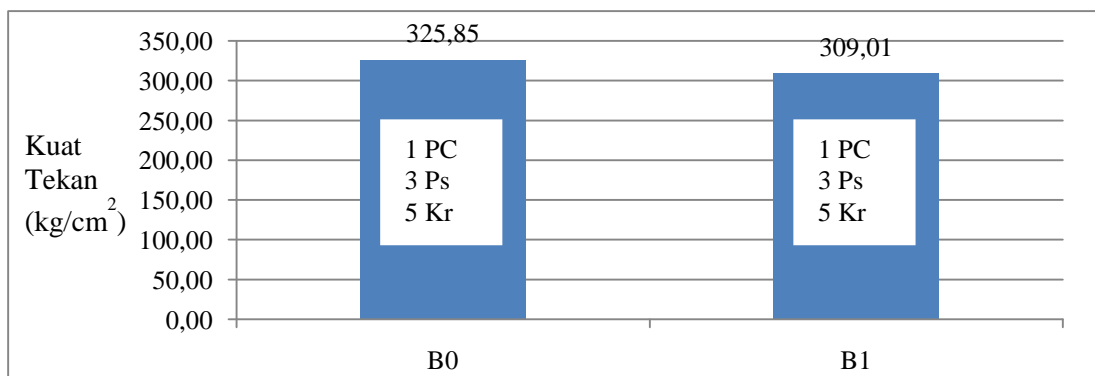
kg/cm² atau mengalami penurunan kuat tekan sebesar 5,17% dari beton normal yang tidak dibakar.

Pengujian pengaruh temperatur terhadap nilai kuat tekan beton yang diberi bahan tambah berupa *fly ash* dan serbuk batu gamping dilakukan pada beton usia 28 hari yang dibakar pada suhu 400°C selama 1 jam. Perbandingan campuran beton adalah 1 PC : 3 Ps : 5 Kr. Jumlah kandungan *fly ash* dan serbuk batu gamping yang ditambahkan pada campuran beton senilai 25,00% dan 15,00% dari berat total semen. Perbedaan hasil kuat tekan beton akibat perubahan temperatur dengan bahan tambah beton berupa *fly ash* dan serbuk batu gamping dapat dilihat pada Gambar 3.

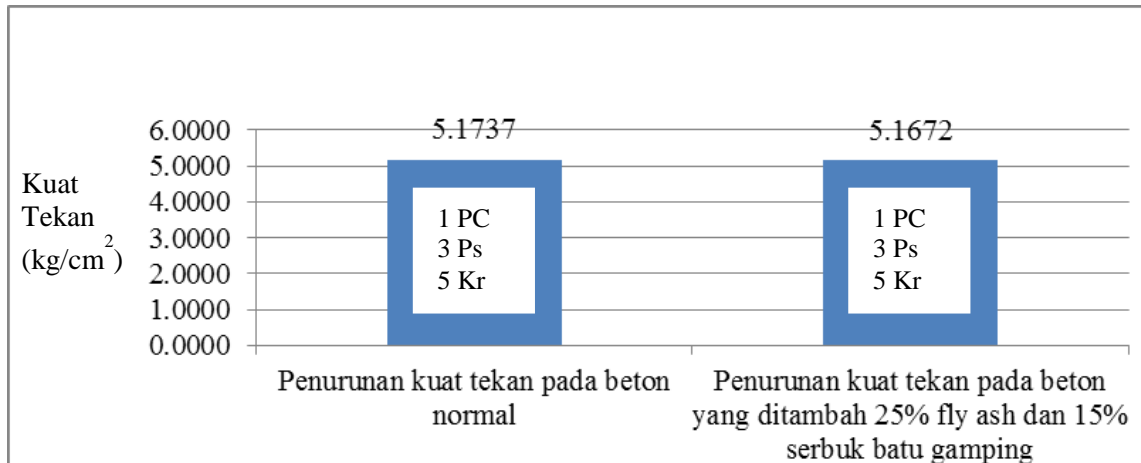
Kode sampel B_0 adalah 10 silinder beton yang tidak dibakar dengan dimensi Ø 15 cm dan tinggi 30 cm dengan komposisi penambahan 25,00% *fly ash* dan

15,00% serbuk batu gamping dari berat total semen. Kode sampel B_1 adalah 10 silinder beton yang dibakar dengan dimensi Ø 15 cm dan tinggi 30 cm dengan komposisi penambahan 25,00% *fly ash* dan 15% serbuk batu gamping dari berat total semen.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, diketahui bahwa beton dengan bahan tambah *fly ash* sebanyak 25,00% dan serbuk batu gamping sebanyak 15,00% dari berat total semen mengalami penurunan kuat tekan akibat perubahan temperatur. Nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah *fly ash* sebanyak 25,00% dan serbuk batu gamping sebanyak 15,00% dari berat total semen yang tidak dibakar sebesar 325,85 kg/cm², sedangkan nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah *fly ash* sebanyak 25,00% dan serbuk batu gamping sebanyak 15,00% dari berat total semen yang dibakar sebesar



Gambar 3. Perbedaan Hasil Kuat Tekan Beton Akibat Perubahan Temperatur dengan Bahan Tambah Beton berupa Fly Ash dan Serbuk Batu Gamping



Gambar 4. Perbedaan Hasil Kuat Tekan Beton Akibat Perubahan Temperatur

309.01 kg/cm² atau mengalami penurunan kuat tekan sebesar 5,167%.

Dari dua kelompok sampel yang diuji, diketahui bahwa kuat tekan beton, baik beton normal ataupun beton dengan bahan tambah *fly ash* dan serbuk batu gamping sama-sama mengalami penurunan kuat tekan akibat perubahan temperatur.

Nilai penurunan kuat tekan beton antara kedua kelompok tersebut berturut-turut sebesar 5,1737 dan 5,1672%. Perbandingan penurunan nilai kuat tekan beton akibat pembakaran antara beton normal dan beton dengan penambahan 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dapat dilihat pada Gambar 4.

SIMPULAN DAN SARAN

Penambahan *fly ash* dan serbuk batu gamping pada campuran beton mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Terdapat perbedaan kuat tekan yang signifikan antara beton normal yang tidak dibakar dengan beton campuran yang tidak dibakar dengan bahan tambah campuran beton berupa 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dari berat total semen. Beton campuran yang tidak dibakar dengan bahan tambah campuran beton berupa 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping memiliki nilai kuat tekan

sebesar 325,85 kg/cm², atau lebih besar 26,96% daripada nilai kuat tekan beton normal yang tidak dibakar, yaitu sebesar 256,65 kg/cm².

Tidak terdapat perbedaan perubahan kuat tekan yang signifikan akibat pembakaran pada temperatur 400°C selama satu jam antara beton normal, dengan beton yang diberi bahan tambah berupa 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dari berat total semen. Nilai penurunan kuat tekan beton berturut-turut sebesar 5,1737 dan 5,1672%.

Tidak terdapat perbedaan perubahan kuat tekan yang signifikan akibat pembakaran pada temperatur 400°C selama satu jam antara beton normal, dengan beton yang diberi bahan tambah berupa 25,00% *fly ash* dan 15,00% serbuk batu gamping dari berat total semen. Nilai penurunan kuat tekan beton berturut-turut sebesar 5,1737 % dan 5,1672 %.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* dan serbuk batu gamping pada beton, perlu adanya penelitian sejenis menggunakan variasi penambahan *fly ash* dan serbuk batu gamping sebagai pembanding. Untuk menganalisa sifat campuran *fly ash* dan serbuk batu gamping terhadap perubahan temperatur, perlu adanya penelitian sejenis menggunakan variasi suhu yang berbeda sebagai pembanding.

DAFTAR RUJUKAN

- Effendi, A. & Maryono. 2001. Pengaruh Penetrasi Termal Terhadap Panel Beton Mutu K 125, K 175, K 225. *Jurnal Penelitian Pemukiman*, 17(2): 51-58.
- Lianasari, A. 2013. Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Sifat Mekanik Beton *Fly Ash* dengan Penambahan *Water Reducer*. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7: 188.
- Mulyono, T. 2006. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L.J. & Brook, K.M. 2003. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- Nugroho, S. 2003. *Penggunaan Abu Terbang sebagai Campuran Beton Aspal*. Skripsi tidak diterbitkan. Lampung: Program Sarjana UBL Lampung.
- Putro, G. 2011. Tinjauan Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Batu Gamping sebagai Bahan Tambah pada Campuran Beton. *Artikel Ilmiah, Matiks*, 6(2): 19.
- Sagel, R., Kole, P., & Kusuma. G. 1994. *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03* (4th ed.). Jakarta: Erlangga.
- Sihotang, A. & Hazairin. 2002. *Pemanfaatan Kapur dan Pozolan sebagai Bahan Baku Utama Pembuatan Hidraulis Alternatif*. Bandung.
- Suarnita, I. 2011. Kuat Tekan Beton dengan Aditif *Fly Ash* Ex. PLTU Mpanau Tavaeli. *Jurnal SMARTek*, 9(1): 9-10.
- SNI. 03-2834-1993. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI.DT-91-0008-2007. *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Surahman, A. Desember 1998. Evaluasi Bangunan yang Mengalami Kebakaran. *Majalah Konstruksi*, hlm. 6.
- Tjokrodinuljo, K. 2000. *Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.